

AD

Linear distance sensor and the use thereof as actuator for motor vehicles

Patent number: DE10010042
Publication date: 2001-07-19
Inventor: LOHBERG PETER (DE)
Applicant: CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG (DE)
Classification:
- **International:** G01B7/02; G01D5/20; B60T13/66
- **European:** G01D5/14B1, G01D5/16B1
Application number: DE20001010042 20000302
Priority number(s): DE20001010042 20000302; DE20001001022 20000113

Also published as:



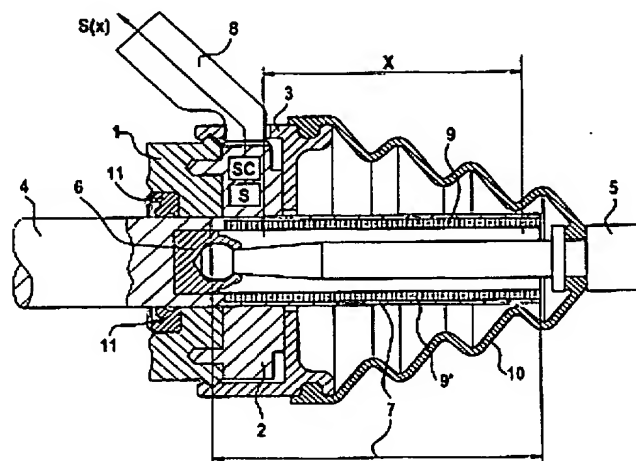
WO0151893 (A1)



US2003000307 (A)

Abstract of DE10010042

The invention relates to a linear distance sensor for motor vehicles, which comprises a slidable element (4, 5, 7) and a stator (1, 2, 3), said slidable element being provided with a magnetic encoder. Sensor modules that work according to the AMR, GMR or Hall principle are linked with the stator. The slidable element is guided in a bearing (11) that is linked with the stator and that encloses and axially guides the slidable element. The sensor module(s) is/are stationarily linked with the stator. The field-producing device(s) is/are positively linked with the slidable element along the longitudinal axis of the slidable element. The invention further relates to the use of the linear distance sensor for measuring the pedal or lever position in a device for actuating the brakes of a motor vehicle.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

AD



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

①2 **Offenlegungsschrift**
①0 **DE 100 10 042 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:
G 01 B 7/02
G 01 D 5/20
B 60 T 13/66

②1 Aktenzeichen: 100 10 042.2
②2 Anmeldetag: 2. 3. 2000
④3 Offenlegungstag: 19. 7. 2001

DE 100 10 042 A 1

⑥6 Innere Priorität:
100 01 022. 9 13. 01. 2000

⑦1 Anmelder:
Continental Teves AG & Co. oHG, 60488 Frankfurt,
DE

⑦2 Erfinder:
Lohberg, Peter, 61381 Friedrichsdorf, DE

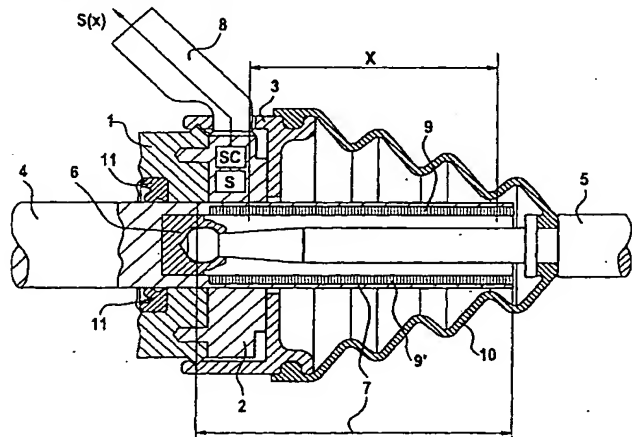
⑥6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

DE	43 09 881 C1
DE	197 24 388 A1
DE	197 12 829 A1
DE	197 01 069 A1
DE	196 48 335 A1
DE	196 12 422 A1
DE	43 27 047 A1
US	59 29 631 A
US	47 12 083 A
WO	97 42 508 A1
WO	95 17 680 A1
WO	94 07 037 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Linearer Wegsensor und dessen Verwendung als Betätigungsvorrichtung für Kraftfahrzeuge

⑤7 Es wird ein linearer Wegaufnehmer für Kraftfahrzeuge vorgeschlagen, welcher ein verschiebbares Element 4, 5, 7 und einen Stator (1, 2, 3) umfaßt. Das verschiebbare Element weist einen magnetischen Encoder auf. Mit dem Stator sind Sensormodule ortsfest verbunden, die nach dem AMR-Prinzip, dem GMR-Prinzip oder dem Hall-Prinzip arbeiten. Das verschiebbare Element wird durch ein mit dem Stator verbundenes Lager 11 geführt, welches das verschiebbare Element umgreift und axial führt. Das oder die Sensormodule sind mit dem Stator ortsfest verbunden. Entlang der Längsachse des verschiebbaren Elements sind das oder die Felderzeugungsmittel mit dem verschiebbaren Element formschlüssig verbunden. Ferner ist die Verwendung des linearen Wegaufnehmers zur Messung der Pedal- oder Hebelposition in einer Betätigungsvorrichtung für Bremsen von Kraftfahrzeugen beschrieben.



DE 100 10 042 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen linearen Wegsensor gemäß Oberbegriff von Anspruch 1.

Es ist bereits bekannt, mit Hilfe von Anordnungen aus magnetisch codierten Scheiben oder Ringen und Magnetfeldsensoren die Stellung und Winkelgeschwindigkeit beispielsweise von Fahrzeugrädern zu bestimmen. Zu diesem Zweck werden die codierten Scheiben oder Ringe (sogenannte Encoder) mit permanentmagnetischem Material bestückt. Zur Durchführung der Positionsbestimmung durch die Sensoren wird eine Variation des Magnetfeldes auf dem Encoder benötigt. Dies wird entweder durch abwechselnde Nord-Süd-Magnetisierung des Magnetmaterials entlang eines Kreisbogens auf dem Encoder, aber auch durch einen periodisch verringerten Abstand des Magnetmaterials vom Sensor erreicht. Das Magnetfeld wird nun von einem Magnetfeldsensor, welcher beispielsweise ein Hall-Sensor oder ein magnetoresistiver Widerstand sein kann, entlang des Kreisbogens abgetastet, um die Radstellung und die Winkelgeschwindigkeit beispielsweise durch Zählen der Signalfanken des Sensorsignals zu ermitteln. Das vom Sensor erzeugte Signal kann durch eine im Bereich des Sensors angebrachte oder im Sensor integrierte elektronische Schaltung verstärkt und getriggert sein (aktiver Magnetfeldsensor).

Eine vergleichbare Anordnung ist in der WO 95/17680, aber auch in der WO 97/42508 zur Bestimmung des Radzustands in einem Kraftfahrzeug beschrieben.

Aus der US 4,712,083 geht ein hochauflösender magnetischer Wegsensor hervor, der ebenfalls das Prinzip des rotierenden permanentmagnetischen Encoders benutzt. Der Encoder wird durch in regelmäßigem Abstand voneinander angeordnete Hartmagnete gebildet, wobei das Magnetfeld aller Einzelmagnete in Richtung der Bewegungsrichtung ausgerichtet ist. Die beschriebene Anordnung ist ebenfalls ausschließlich zur Positionsbestimmung von rotierenden Körpern vorgesehen.

In der DE 196 12 422 wird zur Bestimmung der Schiebereglerstellung in einem linearen Potentiometer ein verschiebbarer Permanentmagnet eingesetzt, dessen Stellung mittels eines ortsfesten gyromagnetischen Magnetfeldsensors erkannt wird. Dieser Sensortyp reagiert besonders empfindlich auf Winkeländerungen des Magnetfeldes.

Ein Wegsensor zur Bestimmung der Position einer Drosselklappe in einem Kraftfahrzeug ist in der US 5,929,631 beschrieben. Hier wird als Magnetfeldsensor ein Hall-Element oder, was bevorzugt ist, ein Widerstandselement, das den riesigen magnetoresistiven Effekt (GMR) ausnutzt, eingesetzt. Die Druckschrift erwähnt ferner, daß die Anordnung zur Positionsbestimmung neben radialen Bewegungen auch für lineare Bewegungen eingesetzt werden kann. Die vorgeschlagene Lösung besteht darin, eine Vielzahl von Magnetsensoren entlang der Wegstrecke in regelmäßigem Abstand anzuordnen. In einem Ausführungsbeispiel wird eine Anordnung dargestellt, bei der auf einem rotierenden Zylinderdarmantel acht GMR-Sensoren sphärisch angeordnet sind, die während der Rotation an einem stabförmigen Permanentmagneten, welcher an der Innenseite des Zylinderdarmantels fest angebracht ist, vorbeilaufen.

Dieses Positionsbestimmungsverfahren ist insofern nachteilig, da eine Kette oder Matrix von Einzelsensoren mit einer elektronischen Auswerteschaltung verbunden werden müssen. Die Ermittlung der Position auf diese Weise ist technisch aufwendig und kostenintensiv.

Eine Auflösungserhöhung bei magnetischen Wegsensoren läßt sich gemäß der DE 43 27 047 erreichen, wenn einerseits die auf dem Encoder angeordneten Hartmagnete antiparallel ausgerichtet werden und andererseits zwei Ma-

gnetfeldsensoren eingesetzt werden, die seitlich geringfügig in Richtung der Bewegungsrichtung gegeneinander versetzt angeordnet sind. Die Wirkung von äußeren Störungen läßt sich weiter herabsetzen, wenn mehrere magnetoresistive Schichtwiderstände zu Wheatstone-Brücken zusammengeschaltet werden. Die beschriebene Anordnung läßt sich allgemein zur Messung von circularen oder linearen Lageänderungen zweier relativ zueinander beweglicher Objekte nutzen. Allerdings liefert die Schrift keinerlei Anregungen, wie ein Wegaufnehmer, der unter praxisrelevanten Bedingungen, wie sie beispielsweise in Kraftfahrzeugen vorliegen, konstruiert werden muß.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen linearen Wegsensor für Kraftfahrzeuge vorzuschlagen, der unter praxisrelevanten Bedingungen wie Korrosion, Verschleiß, Schmutz, extreme Hitze und extreme Kälte ein Maximum an Zuverlässigkeit bei hoher Wegauflösung bietet.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen linearen Wegsensor gemäß Anspruch 1 gelöst.

Gemäß der Erfindung wird ein linearer Wegsensor mit integrierter magnetisch wirksamer Komponente für beispielsweise mechanische Betätigungsvorrichtungen von Bremsgeräten beschrieben. Der Erfindung liegt unter anderem der Gedanke zugrunde, die Mechanik der Betätigungsvorrichtung zugleich als Mechanik berührungsloser Linearweggeber zu nutzen, die den Betätigungswunsch des Fahrers entweder wegproportional oder wegabhängig gewichtet abbilden soll.

Das Magnetfeld des Encoders wird durch einen oder mehrere Magnetfeldsensoren gemessen bzw. erfaßt. Das Magnetfeld wird durch den Magnetfeldsensor entweder ganz oder nur teilweise erfaßt, wobei unter einer teilweisen Erfassung des Magnetfeldes im Sinne der Erfindung verstanden wird, wenn von den das Magnetfeld vollständig beschreibenden Meßgrößen wie Feldstärke und Richtung des Feldvektors nicht alle Größen durch den oder die Sensormodule erfaßt werden, sondern beispielsweise nur die Feldstärke und zwei Richtungskordinaten des Feldvektors in der x-y-Ebene eines geeignet gewählten Koordinatensystems.

Das Sensormodul gemäß der Erfindung enthält mindestens einen magnetfeldempfindlichen Sensor und ggf. eine elektronische Schaltung zur Weiterverarbeitung des Sensorsignals.

Die Erfindung läßt sich mit magnetfeldempfindlichen Sensoren ausführen, die nach dem XMR-Prinzip, vorzugsweise dem AMR-, dem GMR-Prinzip, oder dem Hall-Prinzip arbeiten.

Unter AMR-Prinzip wird verstanden, wenn der Sensor den anisotropen magnetoresistiven Effekt nutzt. Entsprechende Sensoren sind beispielsweise aus S. Mengel, "Technologieanalyse Magnetismus Band 2: XMR-Technologien", Abschnitt 2.2, Seiten 18 bis 20, VDI-Technologiezentrum Physikalische Technologien, Düsseldorf, 1997, bekannt.

Unter GMR-Prinzip wird verstanden, wenn das Sensorelement den "Giant Magnetoresistive Effect" ausnutzt.

Unter Hall-Prinzip wird verstanden, wenn der Sensor den Hall-Effekt ausnutzt.

Vorzugsweise werden ausschließlich Sensoren eingesetzt, die nach dem AMR-Prinzip arbeiten.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist der lineare Wegaufnehmer gemäß der Erfindung dadurch gekennzeichnet, daß das Sensormodul eine Brückenschaltung aus Magnetfeldsensoren enthält, deren Hauptebene parallel zur Oberflächennormalen und zur Längsachse des verschiebbaren Elements ausgerichtet ist.

Im Sinne der vorliegenden Erfindung wird unter der Oberflächennormalen des verschiebbaren Elements ein

Richtungsvektor verstanden, der senkrecht auf der Oberfläche des verschiebbaren Elements steht.

Hat beispielsweise das verschiebbare Element die Form einer Stange mit kreisförmigen Querschnitt, so entspricht die Oberflächennormale dem Radiusvektor der Stange.

In einer zweiten bevorzugten Ausführungsform ist die Hauptebene von zumindest einem Sensormodul mit Brückenschaltung senkrecht zur Oberflächennormalen des verschiebbaren Elements ausgerichtet.

Besonders bevorzugt ist es, wenn im erfindungsgemäßen linearen Wegaufnehmer beide vorstehend genannten Sensorvarianten realisiert sind. Bei diesem Funktionsprinzip werden unterschiedliche magnetische Feldkomponenten einer magnetischen Encoderspur genutzt und das Feldstärkemuster der Encoderspur in unterschiedliche Signale umgewandelt.

Das Ausgangssignal oder die Ausgangssignale der Magnetensoren, welche die Information über die Bewegung beinhalten, werden vorzugsweise in elektrischer Form am Ausgang bereitgestellt. Dieses Signal kann von einem oder mehreren Sensorschaltkreisen aufbereitet werden und beispielsweise in digitalisierter Form am Ausgang des Sensorschaltkreises zur Verfügung gestellt sein.

Das Mittel zur Erzeugung des permanenten Magnetfeldlinienverlaufs 33 wird in der Literatur auch als Encoder bezeichnet. Es umfaßt beispielsweise entweder einen permanentmagnetischen Werkstoff, der entlang seiner Längsachse abwechselnd magnetisiert wurde oder mindestens zwei in Reihe angeordnete magnetisierte permanentmagnetische Werkstoffe, die den Magnetfeldlinienverlauf durch unterschiedliche Orientierung oder Magnetisierungsstärke des Magnetmaterials modulieren. Es können beispielsweise bi- oder multipolare Permanentmagnete eingesetzt werden. Vorzugsweise werden Encoder eingesetzt, die einen homogenen Magnetwerkstoff umfassen, der entsprechend des gewünschten Magnetfeldlinienverlaufs magnetisiert wurde.

Der permanentmagnetische Werkstoff ist bezüglich der magnetischen Nord-Süd-Richtung insbesondere antiparallel ausgerichtet.

Als permanentmagnetischer Werkstoff kommt beispielsweise permanentmagnetisiertes Keramikmaterial, z. B. anisotrope Bariumferritmagnete, zum Einsatz, bevorzugt wird kunststoffgebundenes Ferritmaterial verwendet. Besonders bevorzugt läßt sich als erfindungsgemäß einsetzbares kunststoffgebundenes Magnetmaterial ein Material einsetzen, welches z. B. zur Herstellung magnetisierter Radlagerdichtungen in Gebrauch ist. Dieses Radlagermaterial ist an sich bekannt und wird beispielsweise durch die Firmen C. Freudenberg, Weinheim (DE), SNR, Annecy (FR), FAG Kugelfischer, Schweinfurt (DE).

Zur Verbesserung der magnetischen Eigenschaften des Felderzeugungsmittels kann an der Rückseite ein Eisenrückschluß vorgesehen sein. Vorzugsweise kann bei Einsatz von permanentmagnetisiertem Keramikmaterial auf einen Eisenrückschluß verzichtet werden, bei kunststoffgebundenen Materialien ist es jedoch zweckmäßig, einen magnetischen Eisenrückschluß vorzusehen. Der Eisenrückschluß besteht zweckmäßigerweise aus magnetisch gut leitendem Eisenmaterial, das im Fall stab- oder linealförmiger Körper dem Felderzeugungsmittel hinterlegt ist und, was besonders bevorzugt ist, mit ihm einen festen Verbund bildet.

Die Form des Felderzeugungsmittels gleicht beispielsweise der eines dünnwandigen Rohres, eines schmalen, flachen Lineals oder der eines Rundstabes. Bevorzugt werden Felderzeugungsmittel in Form von flachen Linealen mit balligem oder Trapezprofil, oder Rundstäbe mit Eisenkernfüllung eingesetzt.

Das axial führende Lager ist vorzugsweise so ausgestal-

tet, daß der Bereich des Felderzeugungsmittels zumindest teilweise durch das Lager selbst abgedichtet wird. In diesem Fall können zusätzliche Abdichtmittel im Bereich des Lagers entbehrlich sein. Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Abdichtmittel selbst gleichzeitig die Funktion der Lagerung übernimmt.

Das verschiebbare Element umfaßt vorzugsweise einen Schaft, ein mit dem Schaft mechanisch verbundenes Betätigungselement und ein Kraftübernahmemittel, so daß bei Betätigung des Betätigungselements mittels einer äußeren Kraft, die auf das Kraftübernahmemittel wirkt, der Schaft und somit die Felderzeugungsmittel im wesentlichen frei von Zug- und/oder Druckkräften axial verschoben werden kann.

Das verschiebbare Element kann von beliebiger Querschnittsform sein und ist entweder massiv ausgebildet oder besitzt eine axiale Ausnehmung, wie sie beispielsweise bei einem rohrförmigen Gegenstand vorhanden ist.

Vorzugsweise handelt es sich bei dem verschiebbaren Element um ein Profilrohr. Unter dem Begriff "Profilrohr" wird erfindungsgemäß ein herkömmliches Rohr mit beliebigem Querschnitt, z. B. rund, oval, viereckig, viereckig mit aberundeten Ecken oder mehrreckig, verstanden.

Der Schaft 7 kann einstückig ausgebildet sein oder aus mehreren Einzelteilen bestehen. Die Verbindung des Schaftes mit dem Betätigungselement ist so gestaltet, daß der Schaft mit der Stange ortsgenau mitbewegt wird. So kann beispielsweise der Schaft an das Betätigungselement angeschraubt sein.

Die Querschnittsform des Schaftes entspricht vorzugsweise im wesentlichen der eines vorstehend definierten Profilrohres, wobei der Schaft zusätzlich hohl oder massiv sein kann. Besonders bevorzugt weist der Schaft jedoch eine axiale Öffnung, wie es für Profilrohre typisch ist, auf.

Das Kraftübernahmemittel zur Übertragung einer äußeren Kraft auf das Betätigungsmittel dient beispielsweise zur Übertragung der Kraft eines Bremspedals auf den Bremszylinder. Vorzugsweise handelt es sich bei dem Betätigungsmittel um eine direkte Verbindung mit der Betätigungsstange des Bremszylinders oder insbesondere um diese Stange selbst. Das Kraftübernahmemittel muß im wesentlichen für Kräfte in Richtung der Bremsauslösung, also in Richtung der Betätigungsstange ausgelegt sein, kann aber, was bevorzugt ist, auch bei Zugbeanspruchung Kräfte übertragen. Das Kraftübernahmemittel kann eine starre oder bewegliche Verbindung zum Bremspedal sein, vorzugsweise handelt es sich hierbei um eine bewegliche Verbindung. Das Kraftübernahmemittel ist beispielsweise ein Kugelgelenk, ein Nadellager oder ein Konuslager.

Die erfindungsgemäße Anordnung zur Messung linearer Wege weist vorteilhafterweise eine besonders geringe Hysterese auf.

Unter einer redundanten Anordnung gemäß der Erfindung werden Anordnungen verstanden, die entweder Vollredundant, Teilredundant sind oder auch zwei- bzw. mehrfach redundante Systeme enthalten, so daß bei einem Ausfall oder einer Fehlfunktion eines Sensors oder eines Sensorschaltkreises ein doppelt vorhandenes Element die Funktion des ausgefallenen oder fehlerhaften Elementes übernimmt oder dessen Fehlfunktion erkennt und ggf. an eine Überwachungseinrichtung weitermeldet.

Die erzielte Auflösung des linearen Wegsensors hängt im wesentlichen von der Beschaffenheit des Sensors und der des Felderzeugungsmittels (Encoder) ab. Zum Beispiel kann die Änderung des Magnetfelds entlang des Encoders (Encoderspur) je nach den gestellten Anforderungen durch den Abstand der Einzelmagnete variiert werden.

Erfindungsgemäß können lineare wegababhängige magne-

tische Kodierungen der Encoderspur angewendet werden aber auch nichtlineare magnetische Kodierungen. Es können aber auch mehrspurige Kodierungen verwendet werden, vorzugsweise werden jedoch einspurige Kodierungen eingesetzt, insbesondere lineare einspurige Kodierungen.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die magnetischen Kodierungen so auszugestalten, daß im Zusammenwirken mit geeigneten Sensoren eine analoge, im Vergleich zu einer quantisierten Wegauflösung sehr viel feinere Wegauflösung realisiert wird. In der Praxis ist es jedoch zweckmäßig, eine Quantisierung durch periodische Wiederholung eines Magnetisierungsmusters zu erzeugen, so daß als Ausgangssignal des Magnetsensors ein bezüglich des Weges quantisiertes Signal vorliegt.

Die Erfindung betrifft auch die Verwendung des vorstehend beschriebenen linearen Wegsensors zur Messung der Pedal- oder Hebelposition in einer Betätigungsvorrichtung für Bremsen von Kraftfahrzeugen.

Der erfindungsgemäße lineare Wegaufnehmer läßt sich bevorzugt auch für Kolbenschaften, Betätigungsstangen, Drosselklappen und Hydraulikkolben in Kraftfahrzeugen einsetzen.

Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Figurenbeschreibung.

Es zeigen

Fig. 1 ein Beispiel für einen linearen Wegsensor, welcher in einer Betätigungsvorrichtung für Bremsen von Kraftfahrzeugen zur Erfassung der Stellung der Pedalposition einsetzbar ist,

Fig. 2 ein weiteres Beispiel für einen linearen Wegsensor gemäß Fig. 1 mit zwei Sensormodulen (S, SC, S', SC'),

Fig. 3 eine schematische Darstellung des Feldlinienverlaufs entlang der Oberfläche eines Encoders in axialer Richtung zusammen mit verschiedenen orientierten Sensormodulen und eine graphische Darstellung des Ausgangssignals dieser Sensormodule,

Fig. 4 Beispiele für erfindungsgemäß einsetzbare Felderzeugungsmittel ohne magnetischen Rückschluß a und mit Rückschluß b zum Einlegen in eine Ausnehmung des verschiebbaren Elements,

Fig. 5 Beispiele für erfindungsgemäß einsetzbare Felderzeugungsmittel ohne Rückschluß (a) und mit Rückschluß (b) zum Einschleiben in eine Bohrung oder eine axiale Öffnung des verschiebbaren Elements,

Fig. 6 weitere, ebenfalls schematisch dargestellte Beispiele für erfindungsgemäße Schäfte 7 gemeinsam mit einsetzbaren bzw. eingesetzten Felderzeugungsmitteln 9, 9', 9'',

Fig. 7 Beispiele in schematischer Darstellung für erfindungsgemäße Kombinationen von Sensoren und Felderzeugungsmitteln mit einer Darstellung der Sensorelektronik und einem Beispiel für ein von der Sensorelektronik erzeugtes Ausgangssignal bei Bewegung des Felderzeugungsmittels in Richtung der Bewegungsachse BA um die Auslenkung x,

Fig. 8 schematische Darstellungen von Beispielen erfindungsgemäßer Sensor/Encoder-Kombinationen mit Ausrichtung der Sensorebene senkrecht zur Oberflächennormalen r des verschiebbaren Elements,

Fig. 9a ein Beispiel für eine Kombination einer erfindungsgemäßen Kombination aus Sensor und Encoder, bei der die Sensorebene parallel zur Oberflächennormalen r und senkrecht zur Bewegungsrichtung X eines Schaftes 7 ausgerichtet ist,

Fig. 9b ein erfindungsgemäßes Beispiel eines Schaftes mit zwei eingelegten Felderzeugungsmitteln,

Fig. 9c ein Beispiel für einen erfindungsgemäßen Schaft mit zwei Felderzeugungsmitteln in schematischer Darstellung, wobei ein Encoder nicht über die volle Länge des Encoders reicht und

Fig. 9d ein erfindungsgemäßes Beispiel in schematischer Darstellung eines rohrförmigen Schaftes mit einem radial-symmetrischen Felderzeugungsmittel, das in das Rohrinne hineingeschoben ist.

Fig. 1 zeigt den Ausschnitt eines Aktuators, z. B. einer Betätigungsvorrichtung für Bremsen, mit den wesentlichen Maschinenelementen, in die die erwähnten magnetisch wirksamen Komponenten integriert sind und mit denen sie die erfindungsgemäße Anordnung bzw. Vorrichtung bilden. Es sind dies ein Stator 1, 2, 3 und ein Betätigungselement 4, welches beispielsweise eine Stange ist, die beim Betätigungs- bzw. Rückstellvorgang um die Strecke x gegeneinander vor und zurück verschoben werden. In diesem Beispiel wird das Betätigungselement 4 durch eine auf das Betätigungselement wirkende äußere Kraft, die beispielsweise über eine weitere Stange 5 wirkt, betätigt, wobei beide Stangen über ein Kugelgelenk 6 mechanisch gekoppelt sind. Die Stange 4 ist mit einem Schaft 7 mechanisch verbunden, wobei die Stange 4 und der Schaft 7 auch aus einem gemeinsamen Stück gefertigt sein können. Im Beispiel ist der Schaft als ein Rohr ausgebildet. Die Fertigung aus einem Stück und teilweise Ausbildung als Rohr ist hierbei besonders bevorzugt. In diesem Fall wird nur das rohrförmig ausgebildete Stück als Schaft bezeichnet. Es ist auch möglich, erfindungsgemäß eine durchgehende Stange 4 zu verwenden, die den oder die Encoder beherbergt. Der Querschnitt der Stange 4 und des Schaftes 7 und der Öffnungsquerschnitt des Stators 1, 2, 3, der die Stange umfaßt, werden bevorzugt kreisförmig ausgebildet, was jedoch nicht zwingend erforderlich ist. So können beispielsweise auch Querschnitte verwendet werden, die quadratisch, dreieckig oder trapez- bzw. schwalbenschwanzförmig ausgebildet sind. Der Stator ist bevorzugt ein Verbund aus mehreren Gehäuseteilen, kann aber auch einstückig gefertigt sein. Der Sensorträger 2, in oder an dem Sensoren S, vorteilhafterweise zugleich mit zugehörigen integrierten Schaltkreisen zur Signalaufbereitung SC ortsfest eingebettet, angeklippt, angeschraubt oder formschlüssig eingeklemmt sind, ist ortsfest mit dem Gehäuse 1 verbunden. Der Sensorträger ist bevorzugt zugleich Halterung für einen Stecker 8 oder ersatzweise für ein Kabel, zur Weiterleitung sensorischer Signale S(x), die die Ortsverschiebung x abbilden, an eine die Signale weiterverarbeitende Elektronik. Gehäuse 1 und Sensorträger 2 sind bevorzugt verdrehsicher aneinandergesteckt. Im Beispiel wird Sensorträger 2 an Gehäuse 1 über eine federnde Kappe 3 angepreßt. Es ist aber auch möglich, daß Sensorträger 2 an Gehäuse 1 angeschraubt, angeklebt oder mit einem anderen federnden Haltemechanismus angepreßt wird. Es ist besonders vorteilhaft, wenn ein Mittel vorgesehen ist, welches eine Sicherung gegen Verdrehen von Sensorträger zu Gehäuse 1 darstellt.

Die erfindungsgemäße Anordnung ist vor Schmutz, Nässe (Korrosion), eisenhaltige Partikel, Kleinteile usw. geschützt. Hierzu ist im Bereich des Schaftes zwischen Gehäuse und der Stange 5 ein Abdichtmittel 10, welches im Beispiel eine Gummimanschette ist, vorgesehen. Ebenfalls Schutz vor Schmutz bietet eine stangenseitige Dichtung 11.

In Fig. 1 ist bezüglich der Schaft/Felderzeugungsmittel (Encoder) eine besonders bevorzugte Variante dargestellt. In einem rohrförmigen, dünnwandigen Schaft 7 ist ein rohrförmiger Encoder (vergl. Fig. 5, Typen 28a bis 33a und 28b bis 33b) eingesetzt. Auch hier kann ein Eisenrückschluß vorteilhafterweise verwendet werden. Dies bietet den Vorteil, daß an der rohrförmigen Encoderinnenseite keine magnetischen Anziehungskräfte auf Partikel auftreten. Bei der ringförmigen Bauweise ist der Encoder mechanisch geschützt und der Schaft kann durch eine druckbelastete Dichtung geführt werden.

In Fig. 2 ist ein weitestgehend mit Fig. 1 übereinstimmender linearer Wegaufnehmer dargestellt. Im Gegensatz zu Fig. 1 ist die Anordnung einfach redundant ausgeführt. Im Sensorträger 2 sind zwei Sensoren S, S' mit jeweils dem Sensor zugeordneten Sensorschaltkreisen SC, SC' vorhanden. In den Schaft sind zwei Encoder 9 und 9' eingebettet. Durch Zusammenwirken von Encoder, Sensor und Sensorschaltkreis werden die ortssynchronen Signale S1(x) und S2(x) erzeugt.

In Fig. 4 und 5 sind weitere erfindungsgemäße Felderzeugungsmittel dargestellt. Hierbei sind die Varianten 17a bis 39a Encoder ohne Eisenrückschluß 281, 282 und die Varianten 17b bis 39b mit Eisenrückschluß 281, 282. Im Fall rohrförmiger Encoder ist der Eisenrückschluß ein dünnes Innenrohr, ohne Luftspalt zum Magnetmaterial. Dieses Rohr kann vorzugsweise zugleich eine mechanische Stütze für besonders dünnwandige Rohre sein. Im Fall rundstabförmiger Encoder ist der Eisenrückschluß ein drahtförmiger Eisenkern.

Erfindungsgemäß können die Encoder mit den nachfolgend aufgezählten Beispielen für Magnetisierungsmuster versehen werden:

Eine magnetische Encoderperiode (dargestellt in Teilbildern 18a, 18b, 33a, 33b, 34a, 34b),

Mehrere magnetische äquidistante Encoderperioden (dargestellt in Teilbildern 17a, 17b, 25a, 25b, 26a, 26b, 27a, 27b, 28a, 35b),

Mehrere magnetische nicht äquidistante Encoderperioden (dargestellt in Teilbildern 19a, 19b, 32a, 32b, 39a, 39b),

Mehrspurige magnetische Lineale (dargestellt in Teilbildern 20a, 20b),

Einzelne lineare magnetische Steigungsperioden (dargestellt in Teilbildern 21a, 21b),

Mehrere lineare magnetische Steigungsperioden (dargestellt in Teilbildern 22a, 22b),

Einzelne nicht lineare magnetische Steigungsperioden (dargestellt in Teilbildern 24a, 24b),

Mehrere nicht lineare magnetische Steigungsperioden (dargestellt in Teilbildern 23a, 23b),

Schraubenlinien mit einzelner linearer magnetischer Steigungsperiode (dargestellt in Teilbildern 29a, 29b, 36a, 36b),

Schraubenlinie mit mehreren linearen magnetischen Steigungsperioden (dargestellt in Teilbildern 30a, 30b, 37a, 37b),

Schraubenlinie mit mehreren nicht linearen magnetischen Steigungsperioden (dargestellt in Teilbildern 31a, 31b, 38a, 38b).

In Fig. 6 sind Beispiele für Encoderschäfte gezeigt. Das Material des Schaftes 7 sollte eine möglichst niedrige magnetische Leitfähigkeit aufweisen, was beispielsweise bei magnetisch nichtleitendem Stahl oder hartem Aluminium der Fall ist. Die Encoder 9, 9', 9'' können in unterschiedliche Regionen 74, 75 des Schaftkörpers eingelassen sein.

Teilbild a) von Fig. 6 zeigt einen rohrförmigen Schaft 7, in dessen Außenmantel 72 ein linealförmiger Encoder 9 eingelassen ist. Das dargestellte Lineal ist eines vom Typ 25a gemäß Fig. 4. Dieses hat ein trapezförmiges Profil und ist dadurch unverlierbar mit dem Schaft verbunden, sofern auch die Ausnehmung 74 entsprechend trapezförmig geformt ist. In den Außenmantel können auch Lineale mit rechteckigem Profil (Fig. 4, beispielsweise Typ 17a) eingelassen sein. Bei Integration in den Außenmantel ist es besonders vorteilhaft, die Encoder mit Eisenrückschluß zu versehen.

Teilbild b) von Fig. 6 zeigt einen weiteren rohrförmigen Schaft, in dessen Innenmantel mehrere Encoder unterschiedlicher Länge eingelassen sind. Diese Variante ist vorteilhaft, wenn der Schaft durch eine druckbelastete Dichtung geführt wird.

Teilbild c) zeigt einen weiteren rohrförmigen Schaft, in dessen Wandung Bohrungen 92, 93 eingelassen sind, in welche die Encoder stabförmige Encoder eingeschoben werden können. Vorteilhafterweise ist der Encoder in diesem Fall mechanisch vollständig geschützt und der Schaft kann durch eine druckbelastete Dichtung geführt werden.

Teilbild d) zeigt einen weiteren Schaft, der im Vergleich zur Ausführungsform in Teilbild e) als sehr dünnwandiges Rohr ausgebildet sein kann, während zur Aufnahme der Bohrungen die Wandstärke lokal verstärkt ist.

Teilbild e) von Fig. 6 zeigt einen weiteren Schaft mit der Besonderheit, daß die Bohrungen der Wandung exzentrisch ausgeführt sind, wobei der Durchmesser der Bohrungen größer als die Wandstärke des Schaftes ist. Dies bietet den Vorteil, daß Encoder (zum Beispiel Typen 34a bis 39a und 34b bis 39b) mit relativ großem Durchmesser und entsprechend höherer magnetischer Feldstärke unverlierbar eingesetzt werden können. Dies ist z. B. dann der Fall, wenn der Radius und die restliche verbleibende nach der Bohrung verbleibende Wandstärke kleiner als die Wandstärke des Schaftes sind.

In Fig. 3 sind Sensoranordnungen mit unterschiedlicher Orientierung der Sensoren bezüglich des Schaftes dargestellt. Der Encoder 9 erzeugt einen periodischen Feldlinienverlauf 33 in Längsrichtung des Encoders. Der Feldlinienverlauf kann auch als Encoderspur bezeichnet werden. Der dargestellte Feldlinienverlauf ist charakteristisch für Magnetmaterial mit abwechselnd in Nord/Süd-Pol-Ausrichtung magnetisierten Zonen 31, 32 eines homogenen Magnetmaterials, z. B. eines Ferrits. Die Encoderspur dehnt sich flächig in die Bildebene aus. Bei der im linken Teilbild der Figur dargestellten ersten Variante sind AMR-Sensoren zu einer Brückenschaltung 13 verschaltet, wobei die Sensoren alle in einer gemeinsamen Ebene 131 zu liegen kommen. Die Ebene ist im linken Teilbild senkrecht zur Encoderebene, also parallel zur Oberflächennormalen des verschiebbaren Elements, und parallel zur Bewegungsrichtung bzw. zur Längsachse des verschiebbaren Elements ausgerichtet. Zudem ist vorzugsweise bei dieser Orientierung die Lamellenstruktur der Sensoren senkrecht oder parallel zur Oberflächennormalen orientiert. Wird diese Struktur in Richtung X entlang der Encoderspur bewegt, so rotiert der Vektor der magnetischen Feldstärke durch die Brückenebene und die Brücke produziert ein Ausgangssignal mit zwei Signalperioden 14 pro Encoderperiode λ . Dieser Effekt wird hier im weiteren als 2α -Effekt bezeichnet.

Im rechten Teilbild ist die gemeinsame Ebene der Brückenschaltung parallel zur Encoderebene, also senkrecht zur Oberflächennormalen des verschiebbaren Elements ausgerichtet. Wird das verschiebbare Element in Richtung X entlang der Encoderspur bewegt, wirkt nur ein Teilvektor der magnetischen Feldstärke auf die Brückenschicht, so daß ein Ausgangssignal mit nur einer Signalperiode 16 pro Encoderperiode λ entsteht. Dieser Effekt wird hier im weiteren als 1α -Effekt bezeichnet. Beide Effekte lassen sich in spezifische Sensorelemente umsetzen, die entweder dazu ausgebildet sind, eine Bewegungsrichtung zu erkennen oder keine Bewegungsrichtung zu erkennen. Bei Nutzung des 2α -Effektes enthalten die Sensorelemente insbesondere zwei um 45° gegeneinander gedrehte Brücken, die SIN/COS-Signale liefern, aus denen nach bekannten Verfahren die Bewegungsrichtung abgeleitet werden kann. Beim 1α -Effekt wird die Ortsphasenverschiebung der Brückenarme gegenüber der Encoderperiode λ genutzt, um die Bewegungsrichtung zu erkennen.

Eine besonders einfache Anordnung erhält man bei Verwendung von nur einer der Sensorbrücken aus Fig. 3. In diesem Fall muß jedoch auf die Möglichkeit der Bewegungs-

richtungserkennung verzichtet werden.

Werden Sensoren auf Basis des 2α -Effektes eingesetzt, so kann insbesondere dann eine hohe Wegauflösung erreicht werden, wenn an sich bekannte Interpolationsnetzwerke nachgeschaltet werden, die die Encoderperiode λ und damit die Wegstrecke x feinstufig quantisieren.

Beispiele für Sensor-/Encoder-Kombinationen mit hoher Ortsauflösung sind in Fig. 7 dargestellt. Die dargestellten Sensoren arbeiten nach dem AMR-Prinzip und verwenden das Prinzip des 2α -Effektes. In Teilbild a ist die Kombination eines Sensors 40 mit einem nachgeschaltetem elektronischen Netzwerk 41 gezeigt. Das Netzwerk dient zur Interpolation und Signalaufbereitung. Das Netzwerk und der Sensor sind vorzugsweise in einer gemeinsamen Sensorbaugruppe A integriert. Das Netzwerk ist intern so aufgebaut, daß ein Interpolationsfaktor mit einem Wert von mindestens $(\lambda/8)/\Delta x$ verwendet wird, wobei Δx dem kleinsten auflösbaren Weginkrement entspricht. In Teilbild a ist die Sensorebene des Sensors 40 in Richtung der Bewegungsrichtung X und in Richtung der Oberflächennormalen des Encoders ausgerichtet, so daß bei dem verwendeten Encoder der Feldvektor des erzeugten Magnetfeldes periodisch durch die Ebene der AMR-Schicht rotiert.

Gemäß Teilbild b liefert Sensorbaugruppe A als Vorzeichen für die Bewegungsrichtung ein binäres Signal und im Abstand Δx eine inkrementale Signalpulsfolge $V \cdot (n \cdot \Delta x)$.

In Teilbild c und d von Fig. 7 sind Beispiele für Sensor-/Encoderkombinationen gezeigt, die bezüglich der Orientierung der Sensorebene von der in Teilbild a dargestellten Ausführungsform verschieden sind. Hier ist die Sensorebene im Gegensatz zu Teilbild a senkrecht zur Bewegungsrichtung X orientiert. Die hier dargestellten Encoder vom Typ 29a oder 31a erzeugen ein Magnetfeld, das analog Teilbild a durch die Ebene der AMR-Schicht rotiert.

Die Sensoren 40 werden mit einem Baustein zur Signalaufbereitung SC verbunden, so daß ein ortsabhängiges Signal $S(x)$ entsteht, daß dem des Sensors A in seiner Wirkung entspricht.

In Fig. 8 sind Beispiele für Sensor-/Encoder-Kombinationen dargestellt, die unter Nutzung des AMR-Prinzip nach dem 1α -Effekt arbeiten. Sie erzeugen an einem gleichen Encoder jedoch unterschiedliche Ausgangssignale.

Teilbild a zeigt eine Sensorbaugruppe B in Kombination mit einem Encoder vom Typ 21a. Wird Sensorbaugruppe B in positive oder negative X-Richtung verschoben, reagiert der Sensor abhängig von der Richtung entweder mit einem Anstieg oder einer Absenkung des Ausgangssignals. Das Analogsignal kann über einen Analog-Digital-Umsetzer nahezu beliebig fein quantisiert werden, um eine hohe Wegauflösung zu erreichen. Teilbild b von Fig. 8 zeigt eine Sensorbaugruppe C in Kombination mit einem Encoder vom Typ 17a. Das Ausgangssignal der Baugruppe ist eine Pulsfolge, deren Sequenz der Anzahl der abgetasteten Pole des Encoders entspricht. Zwischen den Pulsen – unter Ausnutzung der nicht benötigten Pulspausen – wird unmittelbar nach einem Puls eine Bitfolge mit Zusatzinformationen aufgeprägt. Es ist sinnvoll, die Zusatzinformation so zu gestalten, daß hieraus die Bewegungsrichtung des Encoders entnommen werden kann.

Teilbild c zeigt ein Ausführungsbeispiel mit zwei Sensorbaugruppen vom Typ D (Bezugszeichen D1 und D2). Es können jedoch genauso gut Sensorbaugruppen vom Typ B eingesetzt werden (Bezugszeichen B1 und B2). Ein geeigneter Encoder ist beispielsweise vom Typ 17a. Die Bausteine D1 (bzw. B1) und D2 (bzw. B2) werden gegeneinander örtlich um ein halbe Polbreite versetzt und erzeugen zwei zueinander orthogonale Signale. Bei Verwendung zweier Sen-

sorbaugruppen vom Typen B entstehen SIN- bzw. COS-Signale. Das Ausgangssignal läßt sich entsprechend der vorstehend bei Fig. 8 (2α -Sensor) beschriebenen Weise in ein hochauflösendes quantisiertes Ortssignal mit Richtungsinformation umwandeln. Bei Verwendung zweier Sensoren vom Typ D entstehen Rechtecksignale, aus denen ebenfalls in analoger Weise die Richtungsinformation abgeleitet werden kann. Hierbei ist jedoch die erreichbare Ortsauflösung des Gesamtweges auf die Anzahl der Pole beschränkt.

In den Fig. 9a bis 9d sind weitere Beispiele für Encoder-/Sensor-Kombinationen gezeigt.

Der in Fig. 9a dargestellte Schaft 7 mit eingelegtem Encoder 9 (Typ 21a) ist mit einem 2α -Sensor 40 kombiniert. Dessen Ausgangssignal wird einer elektronischen Schaltung SC zugeführt, die das Signal $S(x)$ erzeugt.

Fig. 9b zeigt einen Schaft 7 mit zwei eingelegten Encodern 9, 9' vom Typ 17a. Es handelt sich jeweils um Sensorbaugruppen vom Typ A, die hochauflösende Signale ergeben. Diese Signale werden dann in einer weiteren elektronischen Schaltung SC3 weiterverarbeitet. Diese Schaltung überwacht die Funktion beider Sensorbaugruppen nach an sich bekannten Redundanzprinzipien und erzeugt am Ausgang das ggf. von Störungen bereinigte Signal $S(x)$.

In Fig. 9c ist ein Schaft 7 mit zwei Encodern vom Typ 17a und 18a mit unterschiedlicher Länge dargestellt. Encodertyp 17a ist mit einer hochauflösenden Sensorbaugruppe vom Typ A kombiniert und Encodertyp 18a mit einer Sensorbaugruppe D mit geringer Ortsauflösung. Im Ortsbereich, in dem beide Sensorbaugruppen im Bereich des jeweils zugeordneten Encoders sind (Redundanzbereich), werden in einer weiteren elektronischen Schaltung SC3 die Sensorsignale in an sich bekannter Weise nach Redundanzprinzipien zu einem Ausgangssignal $S(x)$ verarbeitet.

Das Ausführungsbeispiel in Fig. 9d zeigt einen rohrförmigen Schaft mit eingeschobenem, ebenfalls rohrförmigen Encoder, wobei der Encoder einen Eisenrückschluß vom Typ 28b aufweist. In Verbindung mit mehreren Sensoren ist auf diese Weise ein redundanter Betrieb besonders einfach. Als Sensoren 40 kommen zwei gleichartige Typen mit hoher Ortsauflösung, und als Sensor D ein Typ mit vergleichsweise niedriger Ortsauflösung zum Einsatz. Auch hier bilden die Sensoren 40 mit den Schaltkreisen SC1 und SC2 Sensorbaugruppen des Typs A. Alle drei Sensorsignale werden in einer elektronischen Schaltung SC3 nach an sich bekannten Redundanzprinzipien zu einem Ausgangssignal $S(x)$ verarbeitet. Die zylindersymmetrische Form des Encoderschaftes ist hierbei besonders günstig, da die Sensoren in beliebigem Winkel am Umfang des Schaftes angeordnet werden können. Durch den Eisenrückschluß können keine Eisenpartikel im Innenraum des Schaftes haften bleiben.

Der eingesetzte Encoder vom Typ 28b besteht aus einem kunststoffgebundenes Magnetmaterial.

Die erfindungsgemäß einsetzbaren Sensoren bzw. Sensorbaugruppen sind überwiegend kommerziell erhältlich. Nachfolgend sind Beispiele für kommerzielle Sensoren und Sensorbaugruppen aufgelistet:

- Winkelsensor LK28, IMO Wetzlar (2α)
- Winkelsensor LK15, IMO Wetzlar (2α)
- AMR-Brücke KMZB34, Philips Hamburg (1α)
- ASIC UA1272, Philips Hamburg (1α)
- Aktiver Radsensor OH223, Philips Hamburg (1α)
- Aktiver Radsensor OH243, Philips Hamburg (1α)
- Aktiver Radsensor OH191, Philips Hamburg (1α)
- Aktiver Radsensor OH203, Philips Hamburg (1α)

Alle aufgelisteten 1α -Typen werden mit einheitlicher Gehäuseform angeboten und weisen einen 2-Draht-Anschluß auf. Das Ausgangssignal wird in Form eines Stromsignals bereitgestellt.

Zu den Ausführungsbeispielen werden nachfolgend noch einige Größenangaben konkretisiert:

- Dicke der Magnetschicht des Encoders:
> = 1 mm (bevorzugt 0,2 bis 4 mm) 5
- Länge eines Encoders:
54 mm (bevorzugt 10 bis 100 mm)

Beispiel für die Realisierung einer hohen Auflösung im Bereich von etwa $\Delta x = 0,1$ mm 10

- Luftspalt(Encoder/Sensorelement):
etwa 2 mm
- (bevorzugt größer etwa 0,5 und kleiner etwa 5 mm) 15
- Polperiode λ :
6 mm (bevorzugt weniger oder gleich 6 mm)
- Sensorelement:
Winkelsensor LK28, IMO, Wetzlar (2α)
- Netzwerk: 20
- 8-fach Interpolationsnetzwerk Typ 601.3028.02, IMO, Wetzlar

Beispiel für die Realisierung einer Auflösung im Bereich von etwa $\Delta x = 2,0$ mm 25

- Luftspalt(Encoder/Sensorelement):
2 mm (bevorzugt etwa 0,5 bis etwa 2,5 mm)
- Polperiode λ :
4 mm (bevorzugt 0,5 bis 5 mm) 30
- Sensorelement:
Aktiver Raddrehzahlsensor OH223, PHILIPS Hamburg (1 α)

Patentansprüche 35

1. Linearer Wegaufnehmer für Kraftfahrzeuge mit mindestens einem axial verschiebbaren, einteiligen oder mehrteilig zusammengesetzten Element (4, 5, 7) und einem Stator (1, 2, 3), 40
wobei im verschiebbaren Element ein oder mehrere Felderzeugungsmittel (9, 9') mit einem permanent vorhandenen, modulierten Magnetfeldlinienverlauf (33) und/oder modulierter Magnetfeldstärke angeordnet sind, und das oder die Felderzeugungsmittel entlang ihrer Längsachse mindestens einen permanentmagnetischen Werkstoffe mit moduliertem Feldlinienverlauf und/oder mit modulierter Feldstärke (31, 32) aufweisen, und wobei mit dem Stator ein oder mehrere Sensormodule ortsfest verbunden sind, die mindestens einen Magnetfeldsensor (S, S') und ggf. eine oder mehrere Sensorschaltkreise (SC, SC') tragen und die den Magnetfeldlinienverlauf ganz oder teilweise in weiterverarbeitbare Ausgangssignale umformen und wobei die Magnetfeldsensoren entweder nach dem AMR-Prinzip, dem GMR-Prinzip oder dem Hall-Prinzip arbeiten, 55
dadurch gekennzeichnet, daß
das verschiebbare Element durch ein mit dem Stator verbundenes Lager (11) geführt wird, welches das verschiebbare Element zumindest teilweise umgreift und dabei axial führt, daß das oder die Sensormodule mit dem Stator ortsfest verbunden sind und daß entlang der Längsachse des verschiebbaren Elements das oder die Felderzeugungsmittel mit dem verschiebbaren Element formschlüssig verbunden sind. 65
2. Linearer Wegaufnehmer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die formschlüssige Verbindung

hergestellt ist durch mindestens einen der nachfolgenden Schritte:

- Einpassen eines länglichen Felderzeugungsmittels (73) in eine Ausnehmung (74) auf der Oberfläche (72) des verschiebbaren Elements,
 - Verwendung eines Profilrohres mit einer axialen Ausnehmung (76) und mit einer Innenfläche (72), und Einpassen eines länglichen Felderzeugungsmittels (73) in eine weitere Ausnehmung (75), die auf der Innenfläche (72) vorgesehen ist,
 - Einschieben eines Felderzeugungsmittels (9, 9') in eine im Bereich des Mantels (71) des verschiebbaren Elements angeordneten, parallel zur Hauptachse des verschiebbaren Elements verlaufenden Bohrung (92, 93, 92', 93) oder
 - Verwendung eines Profilrohres mit einer axialen Ausnehmung (76), mit einer axialen Ausnehmung (76) und mit einem äußeren Mantelbereich des Profilrohres (71), und Herstellung einer Ringpassung, bei das Felderzeugungsmittel (91) in das verschiebbare Element hineingeschoben ist, wobei für alle Schritte gilt, daß die Oberfläche des verschiebbaren Elements (72) im wesentlichen frei von Erhebungen und Vertiefungen ist.
3. Linearer Wegaufnehmer nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnetfeldsensoren nach dem AMR-Prinzip arbeiten.
 4. Linearer Wegaufnehmer nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das verschiebbare Element einen Schaft (7), der die Felderzeugungsmittel trägt, ein mit dem Schaft mechanisch verbundenes Betätigungselement (4) und ein Kraftübernahmemittel (6) umfaßt, so daß bei Betätigung des Betätigungselements (4) mittels einer äußeren Kraft, die auf das Kraftübernahmemittel wirkt, der Schaft und somit die Felderzeugungsmittel im wesentlichen frei von Zug- und/oder Druckkräften axial verschoben wird.
 5. Linearer Wegaufnehmer nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein magnetischer Rückschluß (281, 282) in den Schaft integriert ist.
 6. Linearer Wegaufnehmer nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß Abdichtmittel (10, 11) vorhanden sind, die das Felderzeugungsmittel gegenüber Verschmutzung und Korrosion schützen.
 7. Linearer Wegaufnehmer nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Abdichtmittel (10, 11) Faltenbälge, Gummimanschetten (10) und Gleitdichtungen (11) umfassen.
 8. Linearer Wegaufnehmer nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die ortsfeste Verbindung zwischen Sensormodul/-en und Stator durch einen Sensorträger (2) erfolgt, welcher Bestandteil des Stators ist und mit diesem mechanisch lösbar verbunden ist.
 9. Linearer Wegaufnehmer nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß eine redundante Funktion gewährleistet wird durch Anordnung mindestens zweier Magnetfeldsensoren im linearen Wegsensor, wobei die Magnetfeldsensoren entweder das Magnetfeld eines gemeinsamen Felderzeugungsmittels abgreifen oder einige bzw. alle Sensoren das Magnetfeld eines jeweils einem Magnetfeldsensor eigens zugeordneten Felderzeugungsmittels abgreifen.
 10. Linearer Wegaufnehmer nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß ein erster Magnetfeldsensor

gegenüber einem zweiten Magnetfeldsensor in axialer Richtung um bis zu eine Magnetfeldperiode versetzt angeordnet ist, so daß das Ausgangssignal des zweiten Magnetfeldsensors vom Ausgangssignal des ersten Magnetfeldsensors phasenverschoben ist.

11. Linearer Wegaufnehmer nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Magnetfeldsensor vorhanden ist, welcher gegenüber einem weiteren in der Anordnung vorhandenen Magnetfeldsensor ein geringeres Auflösungsvermögen aufweist.

12. Linearer Wegaufnehmer nach mindestens einem der Ansprüche 4 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Schaft (7) ein zylinderförmiges Rohr ist, der permanentmagnetische Werkstoff (91) die Form eines zylinderförmigen Rohres hat, wobei das Magnetfeld entlang der Längsachse des magnetischen Werkstoffes radialsymmetrisch ist (28a, 28b) und der permanentmagnetische Werkstoff in die axiale Ausnehmung (76) des Schaftes hineingeschoben ist.

13. Linearer Wegaufnehmer nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein Sensormodul eine Brückenschaltung aus Magnetfeldsensoren (13) enthält, deren Hauptebene (131) parallel zur Oberflächennormalen (r) und der Längsachse (X) des verschiebbaren Elements ausgerichtet ist.

14. Linearer Wegaufnehmer nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein Sensormodul eine Brückenschaltung aus Magnetsensoren (15) enthält, deren Hauptebene (151) senkrecht zu Oberflächennormalen (r) des verschiebbaren Elements ausgerichtet ist.

15. Verwendung des linearen Wegaufnehmers nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 14 zur Messung der Pedal- oder Hebelposition in einer Betätigungsvorrichtung für Bremsen von Kraftfahrzeugen.

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

40

45

50

55

60

65

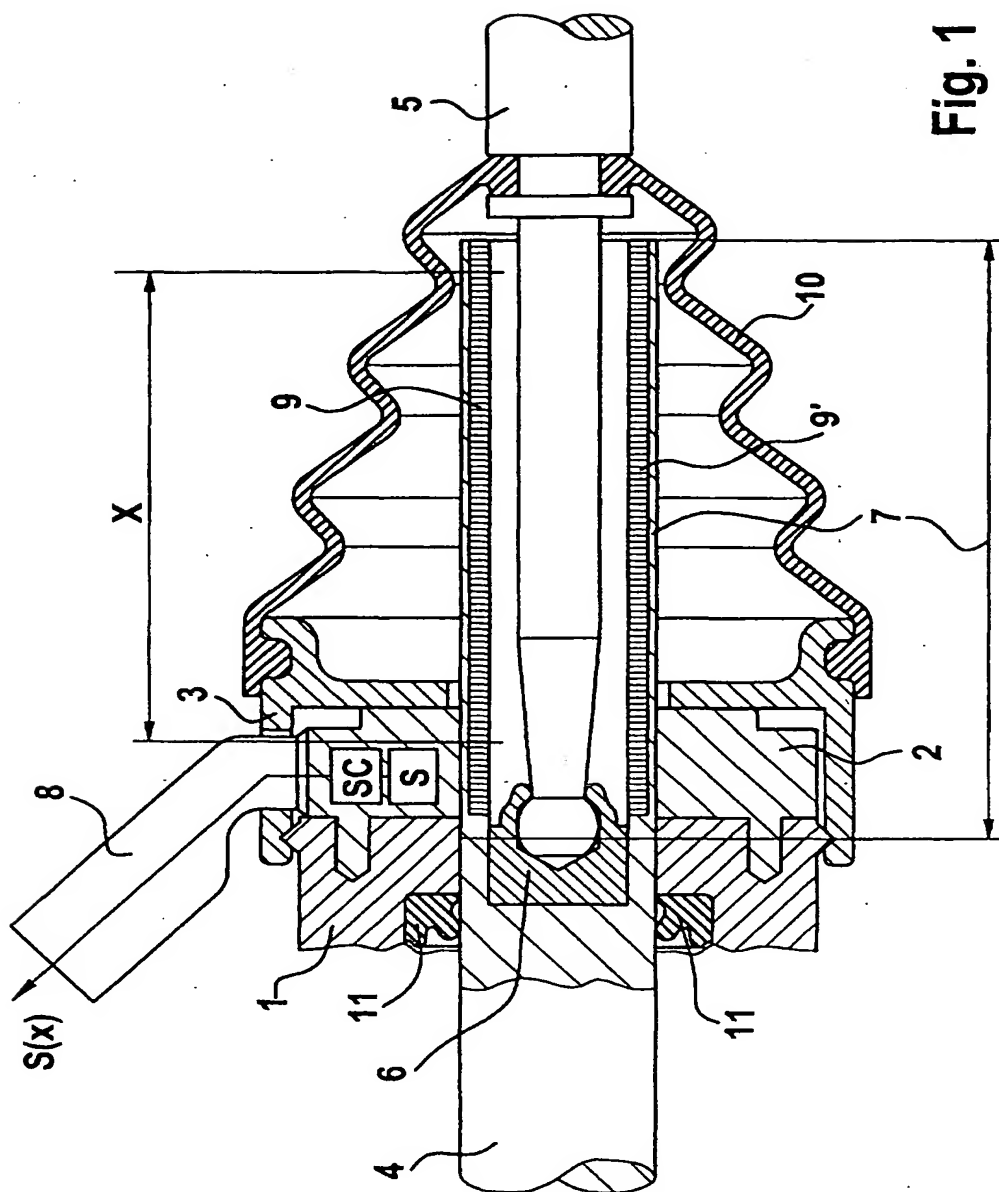


Fig. 1

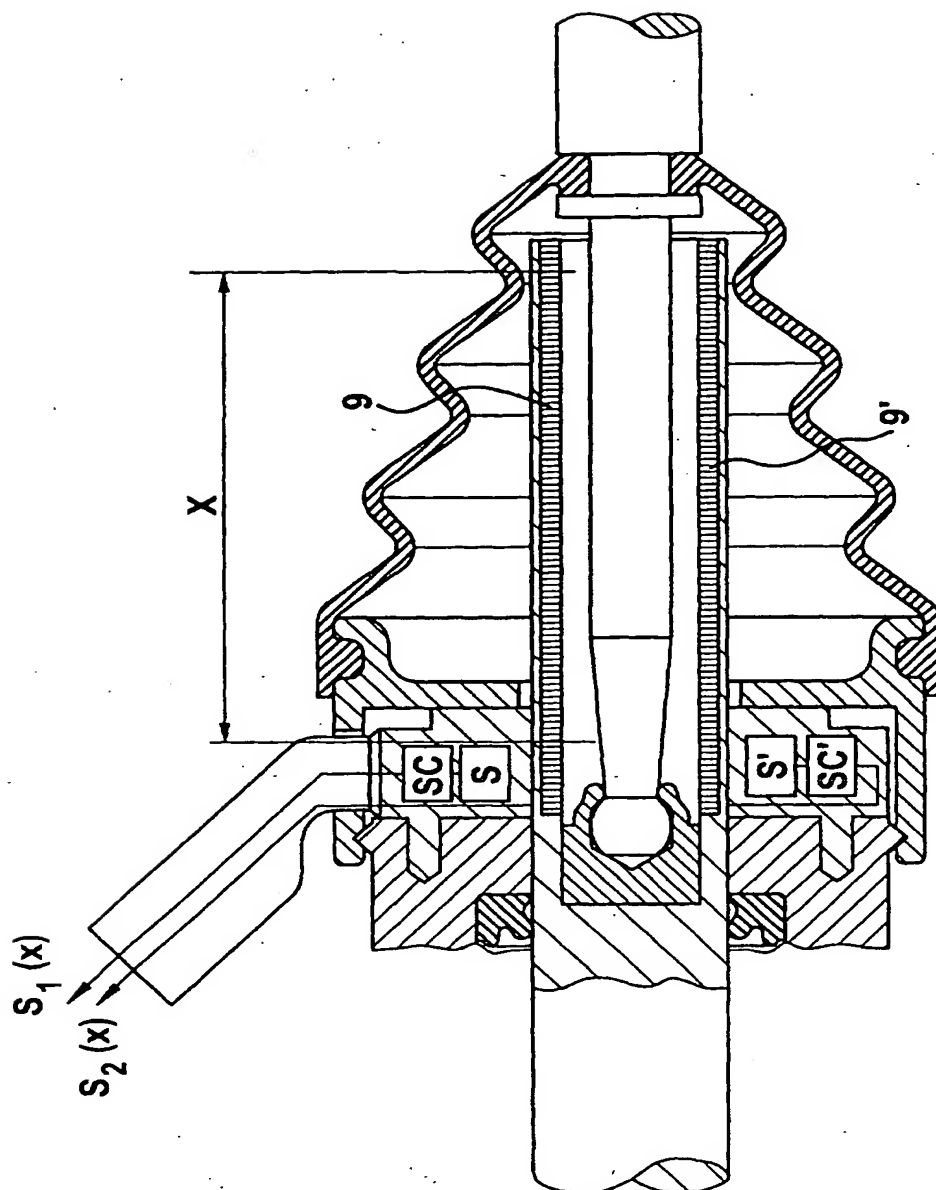


Fig. 2

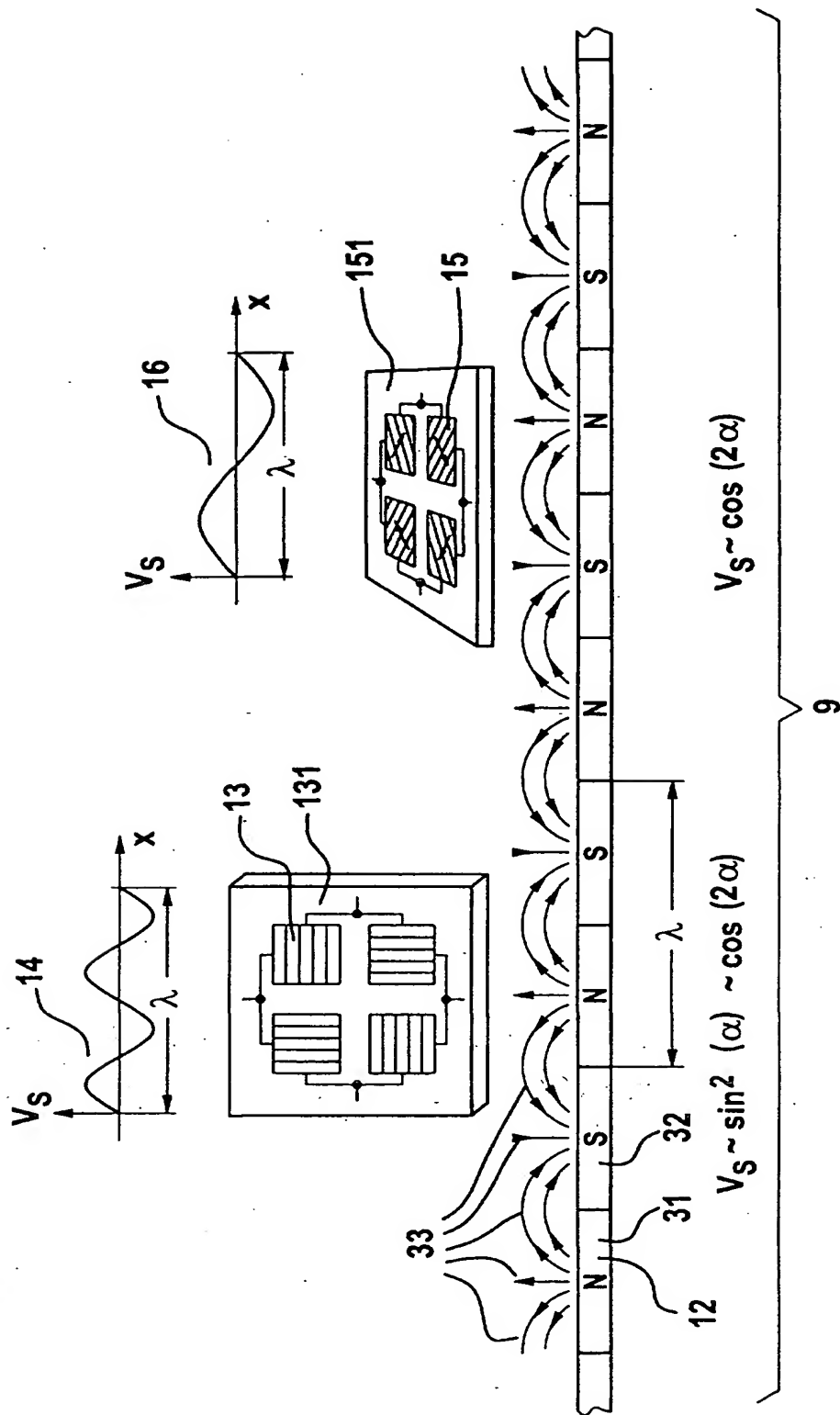
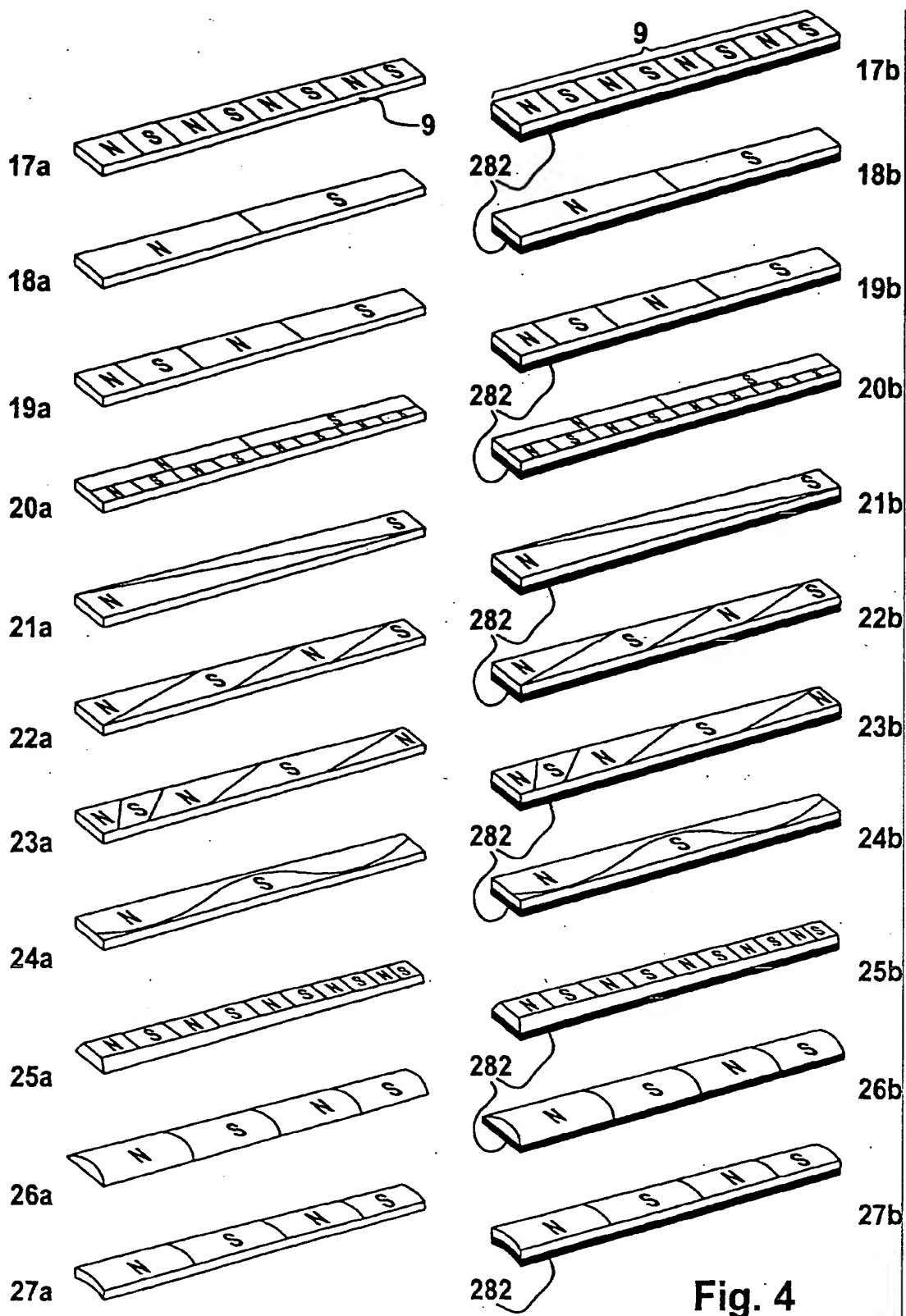


Fig. 3



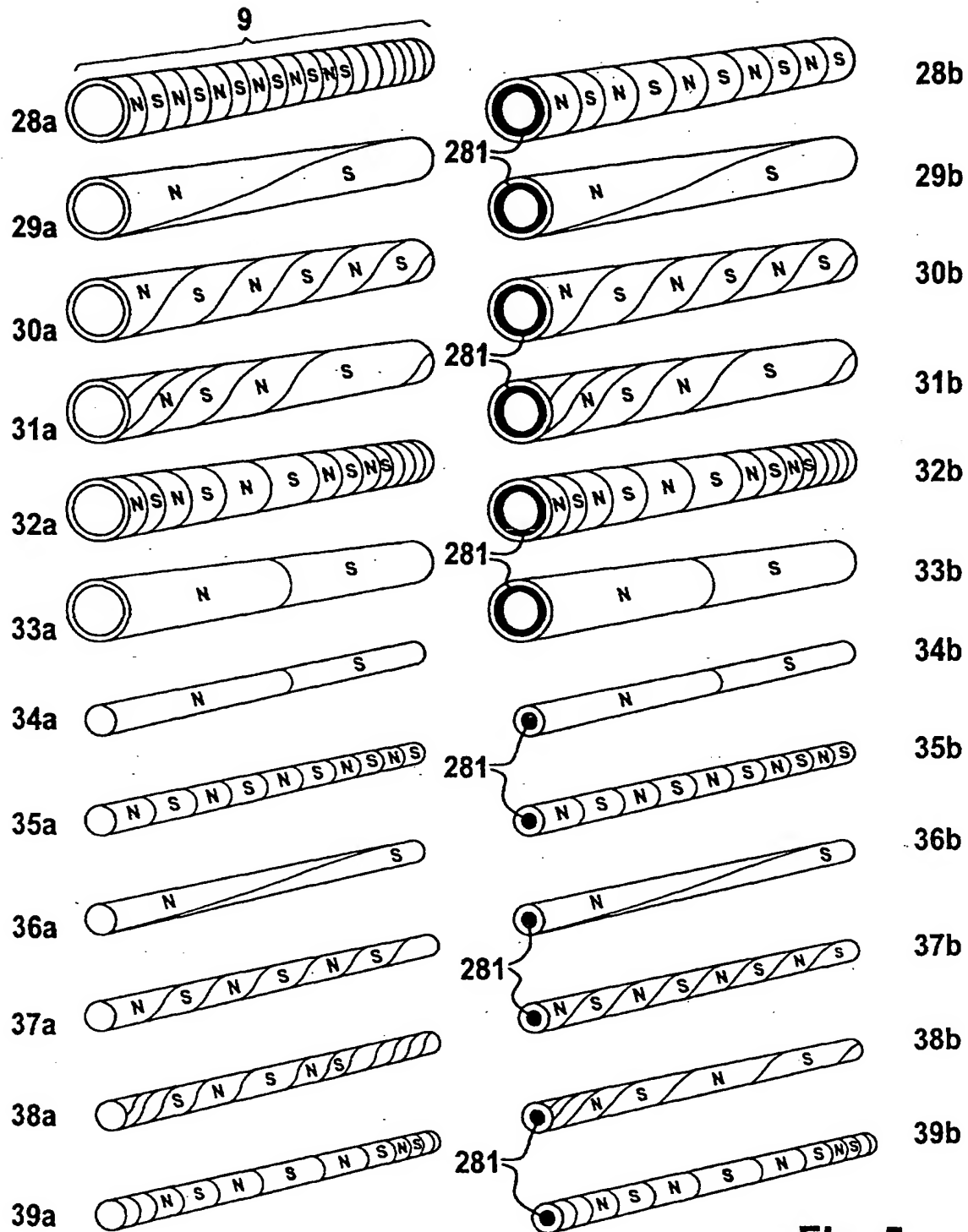


Fig. 5

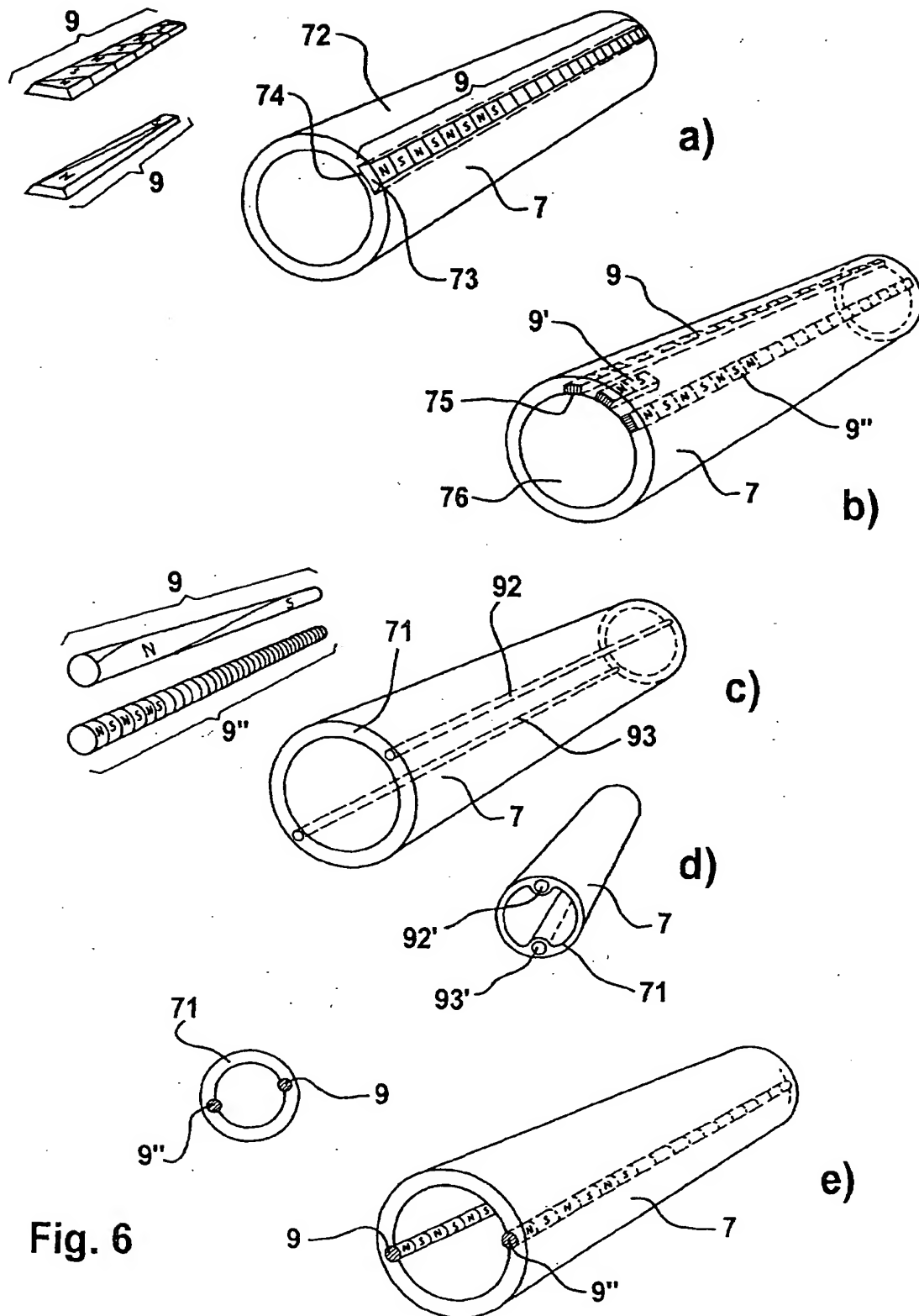
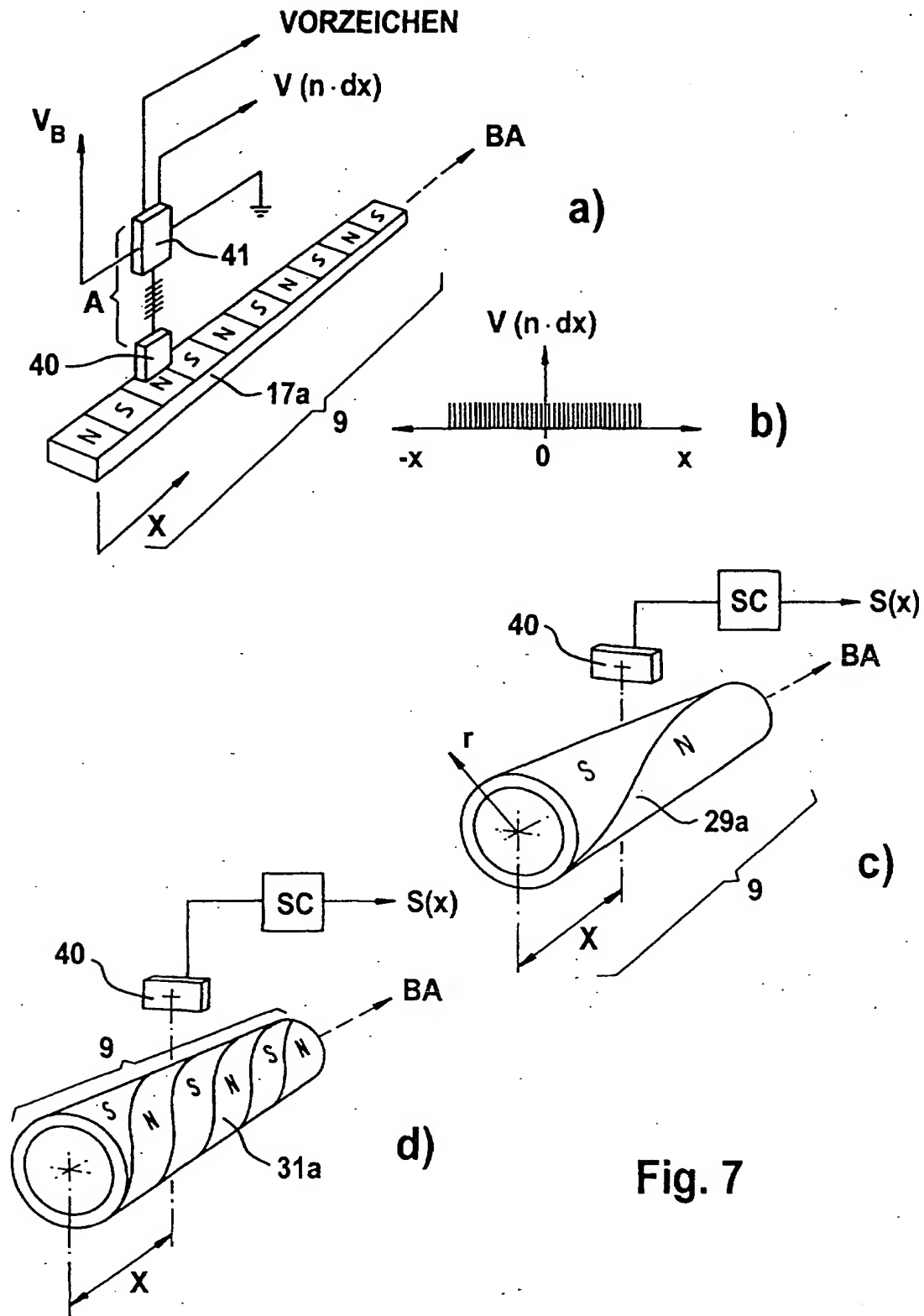


Fig. 6



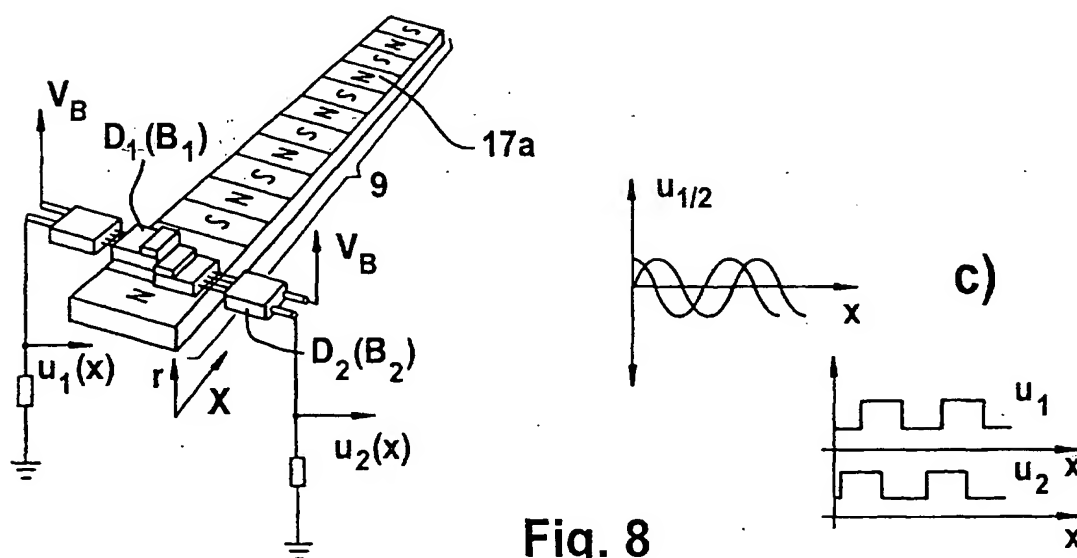
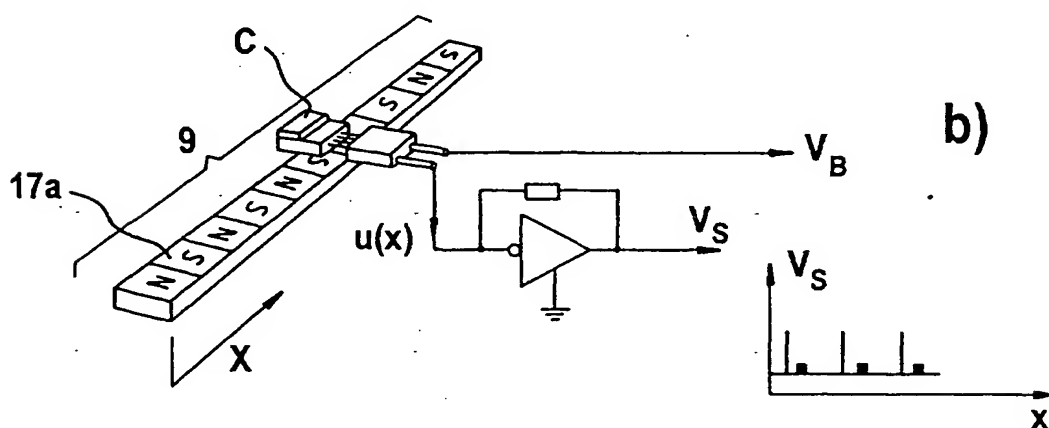
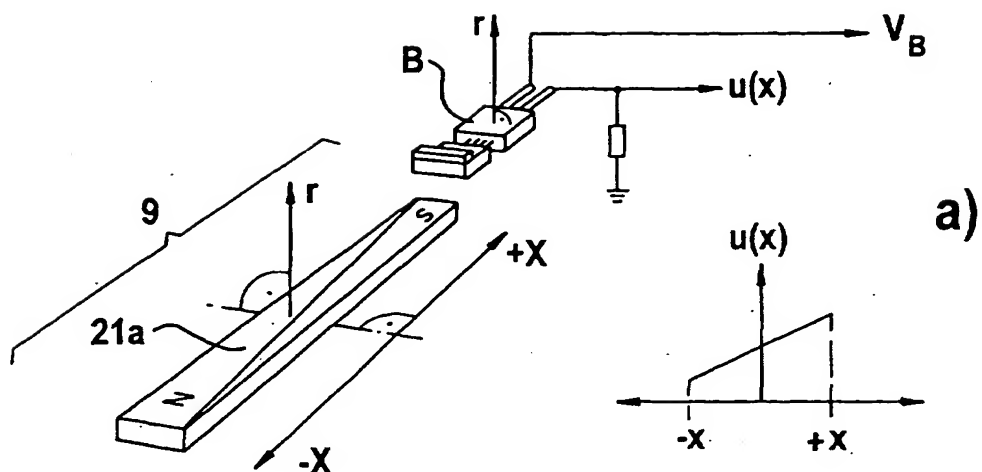
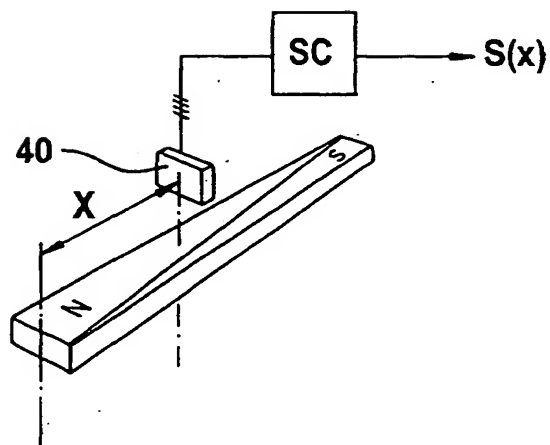


Fig. 8



a)

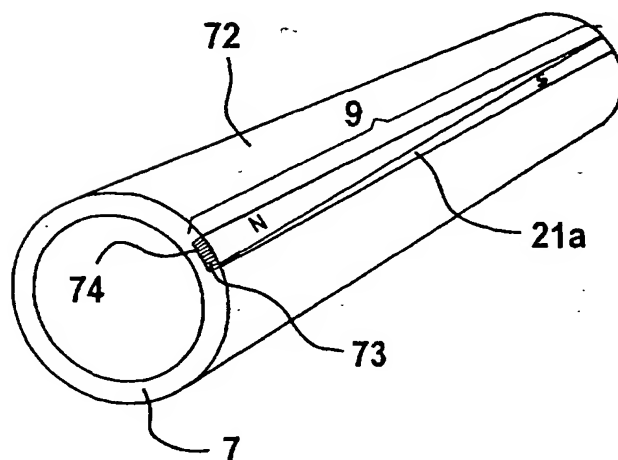


Fig. 9

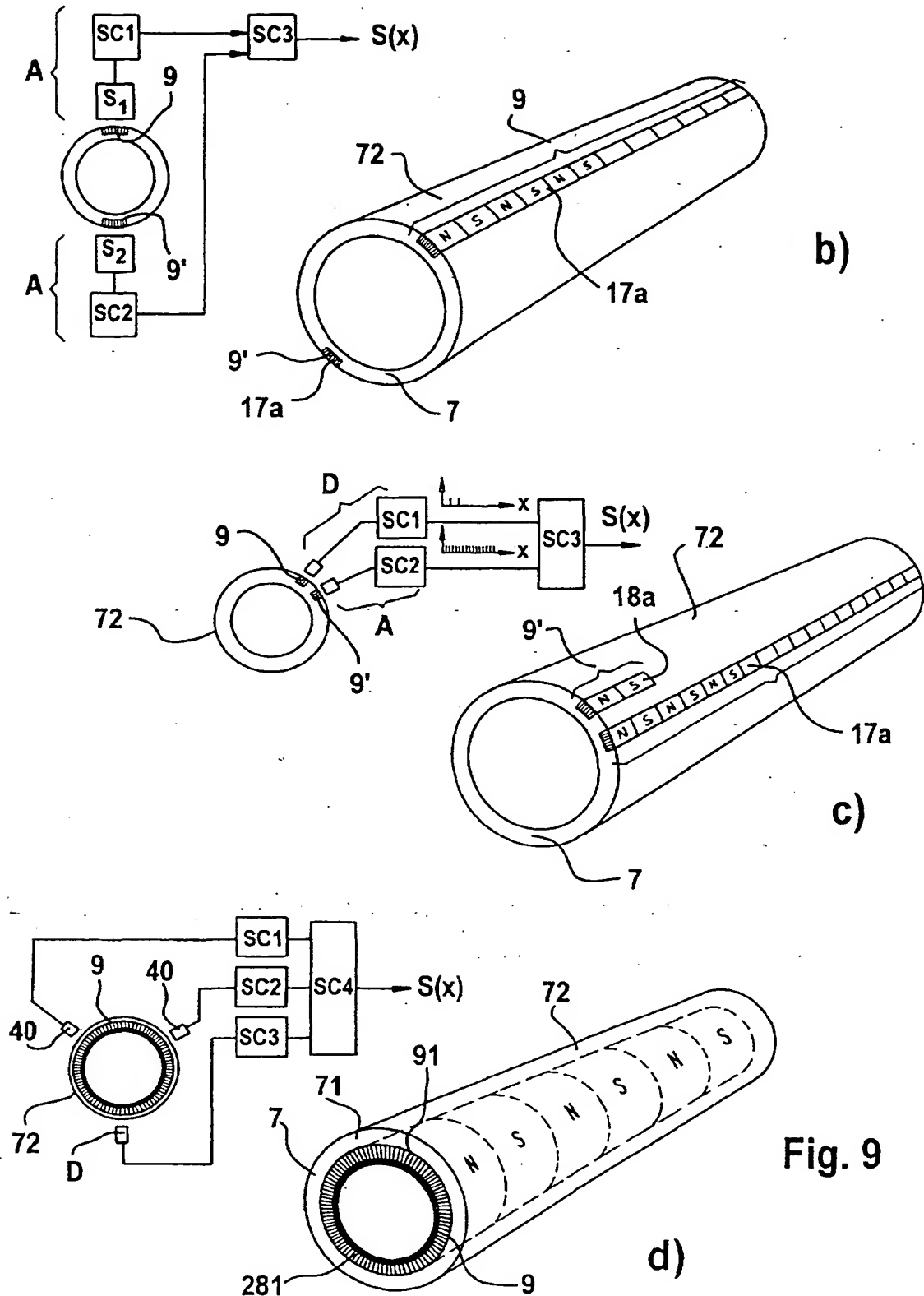


Fig. 9